

Partial translation of Japanese Laid-Open Patent Publication No.
Hei 11-38473

[0062]

Specifically, more detail, the optical objective system Ob comprises, in the order of their location relative to an object and starting with the nearest, of a first group G1 having negative refractive power, a second group G2 having positive refractive power, and a third group G3 having negative refractive power. The optical objective system Ob is a zoom lens having an approximate magnification of 3, which is altered by changing the distance between the groups. The third, fourth, and fifth surfaces S_3 , S_4 , and S_5 are rotationally symmetrical, aspherical planes defined by the expression (d) below. The optical image inversion system PP, a Porro prism, consists of two blocks P1, P2, each having two reflective surfaces S_8 , S_9 , S_{13} , S_{14} . An intermediate image of the object is formed by the optical objective system Ob on the intermediate imaging plane S_{11} between the two blocks. In the present embodiment, the two reflective surfaces S_8 and S_9 of the block P1 that is on the object side of the intermediate image within the Porro prism are rotationally asymmetrical planes defined by the expression (a) below. Furthermore, the refractive surface S_7 on the entrance side of the block P1 that is closer to the object has a curvature which is a rotationally symmetrical, aspherical plane defined by the expression (d) below. The optical ocular system Oc consists of a positive lens having a surface S_{18} on the object side that is a rotationally symmetrical, aspherical plane defined by the expression (d) below.

[0066]

The present embodiment, with the configuration above, has power within the Porro prism PP that is disposed between the optical object system Ob and the intermediate image of the object formed by the optical object system Ob, which allows reduction of the back focus while maintaining an optical path that is sufficiently long for image inversion. The optical objective system Ob need not be extremely retro-focused and can be downsized in the direction of the Z axis.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-38473

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月12日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 3 B 13/06

G 0 3 B 13/06

G 0 2 B 5/04

G 0 2 B 5/04

G

13/18

13/18

17/08

17/08

A

25/00

25/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号

特願平9-194254

(22) 出願日

平成9年(1997) 7月18日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 青木法彦

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号オリン

パス光学工業株式会社内

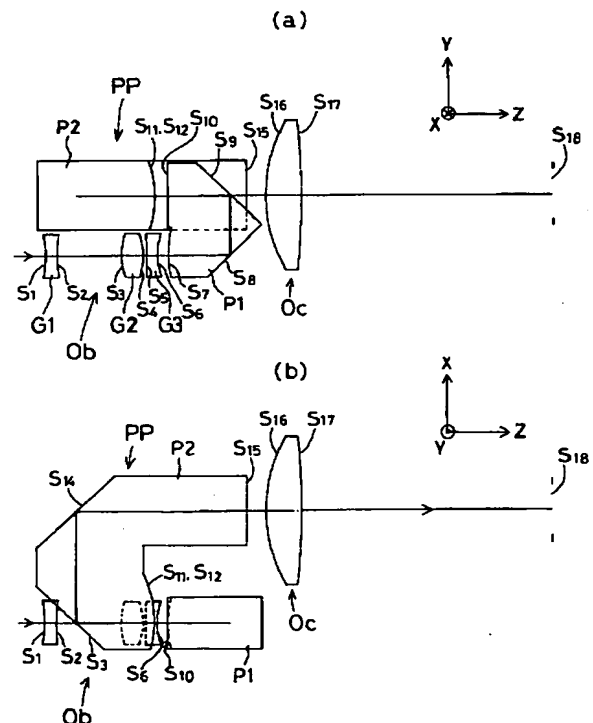
(74) 代理人 弁理士 荏澤 弘 (外7名)

(54) 【発明の名称】 実像式ファインダー

(57) 【要約】

【課題】 像反転光学系内の反射面にパワーを持たせることで厚み方向の小型化を図り、同時に像反転光学系内に回転非対称な面を用いることで回転非対称な偏心収差を補正した高性能なズーム対物光学系を備えた実像式ファインダー。

【解決手段】 負の第1群G1、正の第2群G2、正又は負の第3群G3を有するズーム対物光学系Obと、対物光学系Obによる中間像を正立正像にするための像反転光学系PPと、正の屈折力を有する接眼光学系Ocとを有する実像式ファインダーにおいて、像反転光学系PPが有する反射面の中少なくとも1面S₈、S₉が光学的パワーを有する曲面反射鏡として構成されていると共に、その曲面反射鏡によって発生する偏心収差を補正するような回転非対称な面形状を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から順に、正の屈折力を有する対物光学系と、該対物光学系による中間像を正立正像にするための像反転光学系と、正の屈折力を有する接眼光学系とを有する実像式ファインダーにおいて、

前記対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正又は負の屈折力を有する第 3 レンズ群とを有し、ワイド端からテレ端への変倍に際し前記第 1 レンズ群から第 3 レンズ群の各群の間隔を変化するように構成され、

前記像反転光学系が有する反射面の中少なくとも 1 面が光学的パワーを有する曲面反射鏡として構成されていると共に、前記曲面反射鏡によって発生する偏心収差を補正するような回転非対称な面形状を有することを特徴とする実像式ファインダー。

【請求項 2】 物体側から順に、正の屈折力を有する対物光学系と、該対物光学系による中間像を正立正像にするための像反転光学系と、正の屈折力を有する接眼光学系とを有する実像式ファインダーにおいて、前記対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群とを有し、各群の間隔を変化させることで変倍を行うと共に、前記像反転光学系の反射面の中少なくとも 1 面が光学的パワーを有し、さらに、前記像反転光学系の中少なくとも 1 面が回転非対称な面形状を有することを特徴とする実像式ファインダー。

【請求項 3】 物体側から順に、正の屈折力を有する対物光学系と、該対物光学系による中間像を正立正像にするための像反転光学系と、正の屈折力を有する接眼光学系とを有する実像式ファインダーにおいて、前記対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群とを有し、各群の間隔を変化させることで変倍を行うと共に、前記像反転光学系の反射面の中少なくとも 1 面が光学的パワーを有し、さらに、前記像反転光学系の中少なくとも 1 面が回転非対称な面形状を有することを特徴とする実像式ファインダー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、実像式ファインダーに関し、特に、撮影光学系とファインダー光学系とが別体で設けられたスチルカメラやスチルビデオ等に好適な像反転光学系を有する実像式ファインダーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、レンズシャッターカメラ等のように撮影光学系とファインダー光学系とが別体で設けられている場合、そのファインダー光学系は虚像式ファインダーと実像式ファインダーとに大別できる。虚像式フ

ァインダーは、その構成上、前玉径が大きく視野枠の見えが不明瞭であり、ファインダー光学系の小型高性能化には大きな問題を含んでいる。一方、実像式ファインダーの場合は、対物光学系の中間像面付近に視野枠を配置し、それを接眼光学系で観察するような構成を採るために、視野枠の境界線を明確に見ることができる。さらに、入射瞳位置が物体側に近いことから、対物光学系の径方向の小型化が可能となり、最近の小型高性能なレンズシャッターカメラは実像式ファインダーを採用しているものがほとんどである。

【0003】しかしながら、大きさに関して、上記のように実像式ファインダーでは虚像式ファインダーに比べて入射側のレンズの径の小型化は図れるが、ファインダー全系が対物光学系、像反転光学系、接眼光学系から構成されるため全長が長くなり、このような実像式ファインダーをカメラに搭載する場合には、カメラの厚みが厚くなるという問題を有している。そのため、像反転光学系を構成するプリズムやミラーの折り方を工夫することにより小型化を図っているのが一般的である。

【0004】また、最近のズームレンズを搭載したレンズシャッターカメラでは、高変倍比化と小型高性能化の両方が要求され、特に撮影光学系では沈胴方式を採用することで収納時の小型化を図り、撮影時には撮影レンズが繰り出すという構成を採っているのが大多数である。一方、撮影光学系と別体のファインダー光学系では、撮影レンズの高変倍比化に伴い必要とされる画角の変化量は大きくなるが、一般にファインダー光学系自身がカメラ本体から突出することは許容されず、カメラ本体の薄型化と相まって、これ以上の小型化と高変倍比化との両立は非常に困難な状況である。その実像式ファインダーの厚み方向の小型化を阻害している要因の一つとして、対物光学系のパワー配置がある。一般に実像式ファインダーでは、プリズムやミラー等のような像反転光学系を用いることにより正立正像を得るために、像反転光学系で像を反転するための光路長をかせぐ必要が生じる。したがって、対物光学系は、全系の焦点距離に対しバックフォーカスの長いいわゆるレトロフォーカスタイプを採るのが一般的である。このタイプは全長の小型化と高変倍比化には不向きで、プリズムを使った像反転光学系の屈折面を曲面で構成して対物光学系のパワーの一部を像反転光学系に分担させる提案も多数なされているが、像反転光学系で像反転を行うだけの光路長を確保したまま、対物光学系の厚み方向の小型化と高変倍比化を両立するという問題に対し、抜本的な解決には至っていない状況である。

【0005】そこで、最近では、実像式ファインダーの像反転光学系内の屈折面ではなく反射面、すなわち、像反転光学系を構成するプリズムの反射面やミラーを曲面で構成してパワーを持たせる提案がいくつかなされている。このような構成を採ることで、像反転をするための

光路長を保ちながら、対物光学系のバックフォーカスを小さくすることができるので、対物光学系の厚み方向の小型化が可能となる。しかし、像反転光学系の反射面は一般に光軸に対し偏心しており、その面にパワーを持たせるということは、光軸上でも回転非対称の偏心収差が発生することを意味する。その回転非対称な偏心収差は、回転対称面では原理的に補正が不可能である。

【0006】ここで、米国特許第3,810,221号、米国特許第3,836,931号は何れも、レフレックスカメラのファインダー光学系に回転対称非球面鏡と対称面を1面しか持たない面を持ったレンズ系を用いた例が示されている。ただし、対称面を1面しか持たない面は、観察虚像の傾きを補正する目的でのみ利用されている。また、この光学系は、カメラの撮影レンズとファインダー光学系が別体ではない。

【0007】また、特開平8-248481号においては、レンズシャッターカメラの実像式ズームファインダーのプリズムの反射面に回転対称な曲面を用いている。その曲面は非球面又はトーリック面が適用可能との記載もあるが、明細書中に開示されている非球面は回転対称であり、また、トーリック面も2つの座標軸に対して対称となるので、スキュー光線に対しての補正が十分ではない。さらに、何れの例もプリズムの反射面を曲面としているが、そのプリズムには像反転作用はなく、単なる光路長をかせぐ手段でしかない。

【0008】また、EP0722106A2のものは、上記特開平8-248481号の内容に加え、単焦点レンズ用レンズシャッターカメラの実像式ファインダーのプリズムの反射面に回転非対称な曲面を用いている。明細書中にもあるように、そのプリズムは対物レンズとしての役割を果たしており、像反転作用は有してはいない。

【0009】また、特開平8-292368号、特開平8-292371号、特開平8-292372号のものは、単焦点及びズームの撮像装置に回転非対称な面を用いたプリズム光学系を用いて像反転を行っているが、ファインダー光学系にその構成を適用した例はなく、またその意図もない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は従来技術のこのような点に鑑みてなされたものであり、その目的は、ズーム対物光学系による中間像を像反転光学系により正立正像としそれを接眼光学系を通して観察する実像式ファインダーにおいて、特に像反転光学系内の反射面にパワーを持たせることで厚み方向の小型化を図り、同時に像反転光学系内に回転非対称な面を用いることで回転非対称な偏心収差を補正した高性能な実像式ファインダーを提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発

明のファインダー光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する対物光学系と、該対物光学系による中間像を正立正像にするための像反転光学系と、正の屈折力を有する接眼光学系とを有する実像式ファインダーにおいて、前記対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正又は負の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、ワイド端からテレ端への変倍に際し前記第1レンズ群から第3レンズ群の各群の間隔を変化するように構成され、前記像反転光学系が有する反射面の中少なくとも1面が光学的パワーを有する曲面反射鏡として構成されていると共に、前記曲面反射鏡によって発生する偏心収差を補正するような回転非対称な面形状を有することを特徴とするものである。

【0012】まず、以下の説明において、本発明で用いる座標系について説明する。物点中心を通り、対物光学系の絞り中心又は開口中心を通過して中間像面中心に到達し、さらに接眼光学系を通り瞳中心に入射する光線を軸上主光線とする。次に、光学系の第1面に交差するまでの直線によって定義される光軸をZ軸とし、前記Z軸と直交し、かつ、ファインダー光学系を構成する各面の偏心面内の軸をY軸と定義し、前記光軸と直交し、かつ、前記Y軸と直交する軸をX軸とする。また、光線の追跡方向は、物体から像面に向かう順追跡である。

【0013】次に、本発明で用いる回転非対称な面について説明する。一般に、球面レンズのみで構成された球面レンズ系では、球面により発生する球面収差と、コマ収差、像面湾曲等の収差をいくつかの面でお互いに補正しあい、全体として収差を少なくする構成になっている。一方、少ない面数で収差を良好に補正するためには非球面等が用いられる。これは、球面で発生する各種収差自体を少なくするためである。

【0014】回転対称な光学系が偏心した場合、回転非対称な収差が発生し、これを回転対称な光学系でのみ補正することは原理的に不可能である。この偏心により発生する回転非対称な収差は、歪曲収差、像面湾曲、さらに、軸上でも発生する非点収差、コマ収差がある。図16は偏心して配置された凹面鏡Mにより発生する像面湾曲、図17は偏心して配置された凹面鏡Mにより発生する非点収差、図18は偏心して配置された凹面鏡Mにより発生する軸上コマ収差を示す図である。本発明は、上記のような偏心により発生する回転非対称な収差の補正のために、回転非対称な面を光学系中に配置して、その回転非対称な収差を補正している。

【0015】偏心して配置された凹面鏡により発生する回転非対称な収差に、回転非対称な像面湾曲がある。例えば、無限遠の物点から偏心した凹面鏡に入射した光線は、凹面鏡に当たって反射結像されるが、光線が凹面鏡に当たって以降、像面までの後側焦点距離は、像界側が空気の場合、光線が当たった部分の曲率の半分になる。

すると、図16に示すように、軸上主光線に対して傾いた像面を形成する。このような回転非対称な像面湾曲を補正することは、回転対称な光学系では不可能であった。この傾いた像面湾曲を補正するには、凹面鏡Mを回転非対称な面で構成し、この例ではY軸正の方向（図の上方向）に対して曲率を強く（屈折力を強く）し、Y軸負の方向（図の下方向）に対して曲率を弱く（屈折力を弱く）することにより補正することができる。また、上記構成と同様な効果を持つ回転非対称な面を凹面鏡Mとは別に光学系中に配置することにより、少ない構成枚数でフラットの像面を得ることも可能である。

【0016】次に、回転非対称な非点収差について説明する。前記説明と同様に、偏心して配置された凹面鏡Mでは軸上光線に対しても、図17に示すような非点収差が発生する。この非点収差を補正するためには、前記説明と同様に、回転非対称面のX軸方向の曲率とY軸方向の曲率を適切に変えることによって可能となる。

【0017】さらに、回転非対称なコマ収差について説明する。前記説明と同様に、偏心して配置された凹面鏡Mでは、軸上光線に対しても図18に示すようなコマ収差が発生する。このコマ収差を補正するためには、回転非対称面のX軸の原点から離れるに従って面の傾きを変えたと共に、Y軸の正負によって面の傾きを適切に変えることによって可能となる。

【0018】次に、上記で説明した回転非対称な曲面を適用した本発明の実像式ファインダーについて詳述する。実像式ファインダーでは、像反転光学系により光路が折り畳まれるために、接眼光学系と対物光学系を比較した場合、光学系の厚み方向（以下、Z軸方向と呼ぶ。）の大きさを決定する要因としては、対物光学系の影響が大きい。したがって、本発明の課題の1つであるZ軸方向への小型化に対しては、対物光学系と像反転光学系のZ軸方向の小型化を如何に達成するかが鍵となる。そこで、本発明においては、像反転光学系がポロプリズムを有していることを特徴としている。ポロプリズムを用いることにより、対物光学系の直ぐ後側（中間像面側）で光路を折り畳むことが可能となり、ダハプリズムやダハミラー、ペンタプリズム等を用いるのに比べ、像反転光学系のZ軸方向の小型化が可能である。

【0019】次に、対物光学系も含めたZ軸方向の小型化を考える。前述したように、実像式ファインダーは像反転を行う必要性から像反転光学系が不可欠である。そのため、対物光学系は、撮影光学系と略同等の画角を満足しながら像反転光学系内で像反転を行うだけの光路長を確保するため、焦点距離に対しバックフォーカスの長いいわゆるレトロフォーカスタイプを採るのが一般的である。しかし、その結果、対物光学系はその焦点距離に対して全長が長くなり、対物光学系だけに着目した場合は、各レンズのパワーを強めたりする等でしかZ軸方向の小型化を達成することはできない。また、同時に、レ

トロフォーカスタイプでは高変倍比化が困難でもある。

【0020】その枠を越え、像反転光学系に用いられる像反転部材の面にパワーを付け、対物光学系のパワーを像反転部材に分担させる構成も多数考えられている。しかし、像反転光学系は、ポロプリズムに代表されるように像反転を行うために前述の軸上主光線（回転対称光学系の場合は光軸）に対して偏心した反射面を有しているため、それら偏心した反射面にパワーを付けると、前述のような偏心収差が発生してしまう。その偏心収差は回転対称な曲面では原理的に補正が不可能であることから、偏心した反射面は平面のままでも軸上主光線に対し偏心していない屈折面にパワーを付ける構成が一般的である。しかし、この場合、像反転部材の入射側の屈折面にパワーを付けても、対物光学系に最も近接した面であることから対物光学系自身のパワー配置を大きく変化させるまでには至らず、射出側の屈折面にパワーを付けた場合は、中間像面に近接しており、フィールドレンズとしての役割を果たすに止まり、これもまたZ軸方向の小型化への寄与は小さい。

【0021】そこで、本発明の構成としては、前述のように、像反転部材であるポロプリズムの軸上主光線に対して偏心した少なくとも1つの反射面にパワーを有し、さらに、そのポロプリズムの中少なくとも1面が回転非対称な面で構成することを特徴としている。偏心した反射面にパワーを付けるということは、言い換えれば、像反転部材であるポロプリズムの内部にパワーを有することを意味する。これにより、像反転を行いながら同時に物体の中間像を形成する対物光学系の作用を像反転光学系の内部に分担させることができるので、対物光学系として同じレトロフォーカスタイプを採り、全系の焦点距離は同じままでもバックフォーカスを短くしたのと同様の効果が得られるので、Z軸方向の全長の短縮化をなし得ることができる。しかし、これにより、前述の回転非対称な偏心収差が発生し、回転対称な面のみではその補正が不可能である。そこで、ポロプリズムの少なくとも1面に回転非対称な面を用いることで、偏心した反射面にパワーを付けることにより発生する前述の回転非対称な偏心収差を良好に補正している。

【0022】また、像反転光学系の偏心した反射面にパワーを付けるということは、実像式ファインダーを構成している他の回転対称な面のパワーを小さくしたり、回転対称なレンズの枚数削減も可能であり、ファインダー光学系の小型化のためには好ましいことである。これにより、実像式ファインダーの小型化と高性能化が同時に達成される。

【0023】また、本発明に適用されるポロプリズムは、1つ又は複数のブロックからなることが好ましい。ポロプリズムを1つのブロックで構成する場合は、特に部品成型時に各面の偏心精度や面精度を出しておけば、組み立て時に調整をする必要がないので、生産上大きな

コストダウンが図れる。2つあるいは3つ、あるいは、4つのブロックでポロプリズムを構成する場合は、物体の中間像をポロプリズム内部に配置することが可能となるので、ファインダー倍率の自由度が増えると同時に、ファインダー内で情報を表示する視野枠等を配置する位置の自由度も増え、好ましい。

【0024】また、本発明の実像式ファインダーに適用する回転非対称な面は、軸上主光線に対して偏心させることが望ましい。本発明では、軸上主光線に対して偏心させた反射面にパワーを持たせたことで、その面で回転非対称な偏心収差が発生する。そこで、軸上主光線に対して偏心させた回転非対称な面を導入することで、その回転非対称な偏心収差を効率良く補正することが可能となる。回転非対称な偏心収差を補正するために導入した回転非対称な面が軸上主光線に対して偏心していないと、回転非対称な面の回転非対称の度合いが強くなりすぎ、収差に対する感度も高くなるために、製造が困難に

$$\begin{aligned} Z = & C_2 \\ & + C_3 y + C_4 x \\ & + C_5 y^2 + C_6 y x + C_7 x^2 \\ & + C_8 y^3 + C_9 y^2 x + C_{10} y x^2 + C_{11} x^3 \\ & + C_{12} y^4 + C_{13} y^3 x + C_{14} y^2 x^2 + C_{15} y x^3 + C_{16} x^4 \\ & + C_{17} y^5 + C_{18} y^4 x + C_{19} y^3 x^2 + C_{20} y^2 x^3 + C_{21} y x^4 \\ & + C_{22} x^5 \\ & + C_{23} y^6 + C_{24} y^5 x + C_{25} y^4 x^2 + C_{26} y^3 x^3 + C_{27} y^2 x^4 \\ & + C_{28} y x^5 + C_{29} x^6 \\ & + C_{30} y^7 + C_{31} y^6 x + C_{32} y^5 x^2 + C_{33} y^4 x^3 + C_{34} y^3 x^4 \\ & + C_{35} y^2 x^5 + C_{36} y x^6 + C_{37} x^7 \\ & \dots \dots \dots \\ & \dots \dots (a) \end{aligned}$$

上記TFC面は、一般的には、X-Z面、Y-Z面共に対称面を持つことはないが、例えばxの奇数次項を全て0にすることによって、Y-Z面と平行な対称面が1つだけ存在する自由曲面となる。例をあげれば、上記定義式(a)においては、 $C_4, C_6, C_9, C_{11}, C_{13}, C_{15}, C_{18}, C_{20}, C_{22}, C_{24}, C_{26}, C_{28}, C_{31}, C_{33}, C_{35}, C_{37}, \dots$ の各項の係数を0にすることによって可能である。

【0028】また、yの奇数次項を全て0にすることによって、X-Z面と平行な対称面が1つだけ存在するTFC面とすることも可能である。例えば、上記定義式(a)においては、 $C_3, C_5, C_7, C_9, C_{11}, C_{13}, C_{15}, C_{17}, C_{19}, C_{21}, C_{23}, C_{25}, C_{27}, C_{29}, C_{31}, C_{33}, C_{35}, \dots$ の各項の係数を0にすることによって可能であり、また、以上のような対称面を持つことにより製作性を向上することが可能となる。また、さらに好ましくは、対称面を1つも持たなければそれだ

$$\begin{aligned} X &= R \times \cos(A) \\ Y &= R \times \sin(A) \\ Z &= D_2 \end{aligned}$$

なる。

【0025】また、軸上主光線に対して偏心しかつパワーを持たせた面自体を回転非対称な面で構成してもよい。これにより自らの面が偏心しかつパワーを持っているにも関わらず、回転非対称な偏心収差の発生の少ない面を構成することが可能となる。

【0026】また、本発明の実像式ファインダーに適用する回転非対称な面は、その面内及び面外共に回転対称軸を有しないことが望ましい。面内及び面外に回転対称軸を有する場合、例えば回転対称軸を外したトーリック面、放物面等では、本発明で導入したような回転非対称な面を使つての収差補正に対し、回転対称な成分が残るため、回転非対称な偏心収差に対して十分な補正を行うことができなくなる。

【0027】ここで1例として、回転非対称な面（以下、TFC面と呼ぶ。）を以下の式で定義されるものとする。

け自由度が増え、収差補正上有利なのは言うまでもない。

【0029】また、上記定義式(a)は、前述のように1つの例として示したものであり、本発明の特徴は、回転非対称な面で偏心により発生する回転非対称な収差を補正することであるので、他のいかなる回転非対称な面を表現する定義式に対しても同じ効果が得られることは言うまでもない。

【0030】また、TFC面の他の定義式としてZernike多項式により定義できる。この面の形状は以下の式(b)により定義する。その定義式(b)のZ軸がZernike多項式の軸となる。回転非対称面の定義は、X-Y面に対するZの軸の高さの極座標で定義され、AはX-Y面内のZ軸からの距離、RはZ軸回りの方位角で、Z軸から測った回転角で表せられる。

【0031】

$$\begin{aligned}
& +D_3 R \cos(A) + D_4 R \sin(A) \\
& +D_5 R^2 \cos(2A) + D_6 (R^2 - 1) + D_7 R^2 \sin(2A) \\
& +D_8 R^3 \cos(3A) + D_9 (3R^3 - 2R) \cos(A) \\
& +D_{10} (3R^3 - 2R) \sin(A) + D_{11} R^3 \sin(3A) \\
& +D_{12} R^4 \cos(4A) + D_{13} (4R^4 - 3R^2) \cos(2A) \\
& +D_{14} (6R^4 - 6R^2 + 1) + D_{15} (4R^4 - 3R^2) \sin(2A) \\
& +D_{16} R^4 \sin(4A) + D_{17} R^5 \cos(5A) \\
& +D_{18} (5R^5 - 4R^3) \cos(3A) \\
& +D_{19} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \cos(A) \\
& +D_{20} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \sin(A) \\
& +D_{21} (5R^5 - 4R^3) \sin(3A) + D_{22} R^5 \sin(5A) \\
& +D_{23} R^6 \cos(6A) + D_{24} (6R^6 - 5R^4) \cos(4A) \\
& +D_{25} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \cos(2A) \\
& +D_{26} (20R^6 - 30R^4 + 12R^2 - 1) \\
& +D_{27} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \sin(2A) \\
& +D_{28} (6R^6 - 5R^4) \sin(4A) + D_{29} R^6 \sin(6A) \cdots \cdots \\
& \cdots \cdots (b)
\end{aligned}$$

なお、上記においてX方向に対称な光学系として設計するには、 D_4 、 D_5 、 D_6 、 D_{10} 、 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{14} 、 D_{20} 、 D_{21} 、 D_{22} ・・・を利用すればよい。
【0032】その他の面の例として次の定義式をあげる。

$$\begin{aligned}
Z = & C_2 \\
& +C_3 Y + C_4 |X| \\
& +C_5 Y^2 + C_6 Y |X| + C_7 X^2 \\
& +C_8 Y^3 + C_9 Y^2 |X| + C_{10} Y X^2 + C_{11} |X^3| \\
& +C_{12} Y^4 + C_{13} Y^3 |X| + C_{14} Y^2 X^2 + C_{15} Y |X^3| + C_{16} X^4 \\
& +C_{17} Y^5 + C_{18} Y^4 |X| + C_{19} Y^3 X^2 + C_{20} Y^2 |X^3| \\
& \quad + C_{21} Y X^4 + C_{22} |X^5| \\
& +C_{23} Y^6 + C_{24} Y^5 |X| + C_{25} Y^4 X^2 + C_{26} Y^3 |X^3| \\
& \quad + C_{27} Y^2 X^4 + C_{28} Y |X^5| + C_{29} X^6 \\
& +C_{30} Y^7 + C_{31} Y^6 |X| + C_{32} Y^5 X^2 + C_{33} Y^4 |X^3| \\
& \quad + C_{34} Y^3 X^4 + C_{35} Y^2 |X^5| + C_{36} Y X^6 + C_{37} |X^7| \\
& \cdots \cdots (c)
\end{aligned}$$

また、本発明に適用する像反転光学系内のパワーを付けた反射面と回転非対称な面は、中間像面と対物光学系の間の面に配置することが好ましい。中間像面よりも接眼光学系側だと、対物光学系としてのパワーを分担することができなくなり、対物光学系のZ軸方向の小型化が図れなくなる。また、同時に、回転非対称な面とパワーを付けた反射面が中間結像面よりも対物光学系の側にないと、中間像に回転非対称な偏心収差が残ってしまい、その補正ができなくなる。

【0034】また、本発明の対物光学系は、ズームレンズでも、単焦点レンズでも、以上述べてきた構成に適用できることは言うまでもない。

【0035】次に、本発明の対物光学系をズームレンズにする場合について説明する。この場合の本発明は、対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正又

$Z = \sum_n \sum_m C_{nm} x^n y^m$
ただし、 \sum_n は \sum のnが0～k、 \sum_m は \sum のmが0～nを表す。例として、k=7（7次項）を考えると、展開したとき、以下の式（c）で表すことができる。
【0033】

は負の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、ワイド端からテレ端への変倍に際し前記第1レンズ群から第3レンズ群の各群の間隔を変化するように構成され、前記像反転光学系が有する反射面の中少なくとも1面が光学的パワーを有する曲面反射鏡として構成されていると共に、前記曲面反射鏡によって発生する偏心収差を補正するような回転非対称な面形状を有することを特徴とするものである。

【0036】一般に、実像式ファインダーの対物光学系に変倍作用を持たせた場合、像反転光学系を配置する必要上バックフォーカスを取り、変倍するために少なくとも物体側より順に、負・正の2群構成のレトロフォーカスタイプのズーム方式が望ましい。しかし、この場合、対物光学系の全長を小さく保ったまま変倍比を上げようとすると、性能的には2倍程度が限界で、それ以上の高変倍比化は困難である。本発明では、さらに3倍から4

倍程度の高変倍比化を達成し、さらに、像反転光学系で像反転を行うに十分なだけの光路長を確保するため、前述のような対物光学系の構成を採っている。

【0037】対物光学系が負、正、負の3群を有し、各群の間隔を変化させることで変倍を行うタイプは、主に正の屈折力を有する第2群の移動により変倍を行い、少なくとも負の屈折力を有する第1群又は第3群を移動することで中間像の像面ズレを補正している。このタイプは、特に望遠端で第1群、第2群が接近して全体で正の屈折力となり、第3群とで正・負のテレフォトタイプを構成し、高変倍比でも望遠端の全長の小型化を図れるという利点がある。しかし、前述のように、バックフォーカスをとる必要上、Z軸方向への小型化は十分には図れない。

【0038】そこで、前にも詳述したように、像反転光学系の反射面にパワーを付けることで対物光学系のパワーを分担させ、像反転を行うだけの光路長をかせぎなが

$$\begin{aligned} -2.0 < f_1 / f_w < 0 \\ -2.0 < d_{22} / d_{21} < 0 \end{aligned}$$

ここで、 f_1 は対物光学系の第1レンズ群の焦点距離、 f_w 広角端（ワイド端）での対物光学系全系の焦点距離（像反転光学系に付けたパワー分は含まない。）、 d_{21} は第1レンズ群と第2レンズ群の広角端から望遠端（テレ端）にかけての群間隔の変化量、 d_{22} は第2レンズ群と第3レンズ群の広角端から望遠端にかけての群間隔の変化量である。

【0041】条件式（1-1）は、対物光学系の広角端で発生が顕著な回転対称の負のディストーション（歪曲収差）を小さくしたままバックフォーカスを十分にとるための条件式である。この下限の-2.0を越えると、バックフォーカスとはとれるが負のディストーションの発生が大きくなり過ぎ、それを他の面で補正することができなくなる。また、上限の0を越えると、負のディストーション自体は小さくなるが、バックフォーカスが十分に確保できなくなり、像反転光学系の反射面にパワーを付けても像反転が困難になる。また、同時に、対物光学系の小型化も困難になる。

【0042】条件式（1-2）は、必要な変倍比をかせぎながら対物光学系の小型化を達成するための条件式である。この下限の-2.0を越えると、第3レンズ群に対し第1、第2レンズ群の移動量が大きくなり過ぎ、特に望遠端で対物光学系の小型化が図れなくなる。また、

$$\begin{aligned} -2.0 < f_1 / f_w < 0 \\ -2.0 < d_{22} / d_{21} < 0 \end{aligned}$$

ここで、 f_1 は対物光学系の第1レンズ群の焦点距離、 f_w 広角端での対物光学系全系の焦点距離（像反転光学系に付けたパワー分は含まない。）、 d_{21} は第1レンズ群と第2レンズ群の広角端から望遠端にかけての群間隔の変化量、 d_{22} は第2レンズ群と第3レンズ群の広角端から望遠端にかけての群間隔の変化量である。

らバックフォーカスを小さくすることで、対物光学系の全長の小型化が可能になる。同時に、像反転光学系の少なくとも1面に回転非対称な面を用いることで、偏心した反射面にパワーを付けることにより発生する前述の回転非対称な偏心収差を良好に補正することが可能となる。

【0039】また、像反転光学系の偏心した反射面にパワーを付けると、実像式ファインダーを構成している他の回転対称な面のパワーを小さくすることが可能であり、そこで発生する収差量も小さくなり、ファインダー光学系の小型化のためには好ましいことである。これにより、実像式ファインダーの小型高変倍比化と高性能化が同時に達成される。

【0040】また、対物光学系を負、正、負の3群を有し、各群の間隔を変化させることで変倍を行うタイプにする場合には、以下の条件式の何れかあるいは両方を満足することが好ましい。

$$\begin{aligned} \dots (1-1) \\ \dots (1-2) \end{aligned}$$

上限の0を越えると、必要な変倍比を得ることが困難になる。

【0043】また、対物光学系が負、正、正の3群を有し、各群の間隔を変化させることで変倍を行うタイプは、主に正の屈折力を有する第2レンズ群と第3レンズ群の移動により変倍と中間像の像面ズレを補正している。また、負の第1レンズ群の移動により中間像の像面ズレを補正することももちろん可能である。

【0044】この構成は、特に広角端でのバックフォーカスを確保しやすいタイプであるが、このままでは、第3群を負にするタイプと同様Z軸方向への小型化は十分には図れない。

【0045】そこで、前にも詳述したように、像反転光学系の反射面にパワーを付けることで対物光学系のパワーを分担させ、像反転を行うだけの光路長をかせぎながらバックフォーカスを小さくすることで、対物光学系の全長の小型化が可能になる。同時に、像反転光学系の少なくとも1面に回転非対称な面を用いることで、偏心した反射面にパワーを付けることにより発生する前述の回転非対称な偏心収差を良好に補正することが可能となる。

【0046】また、この場合も、以下の条件式の何れかあるいは両方を満足することが好ましい。

$$\begin{aligned} \dots (2-1) \\ \dots (2-2) \end{aligned}$$

【0047】条件式（2-1）は、対物光学系の広角端で発生が顕著な回転対称の負のディストーションを小さくしたままバックフォーカスを十分にとるための条件式である。この下限の-2.0を越えると、バックフォーカスとはとれるが負のディストーションの発生が大きくなり過ぎ、それを他の面で補正することができなくなる。

また、上限の0を越えると、負のディストーション自体は小さくなるが、バックフォーカスが十分に確保できなくなり、像反転光学系の反射面にパワーを付けても像反転が困難になる。また、同時に、対物光学系の小型化も困難になる。

【0048】条件式(2-2)は、必要な変倍比をかせぎながら対物光学系の小型化を達成するための条件式である。この下限の-2.0を越えると、第3レンズ群に対し第1、第2レンズ群の移動量が大きくなり過ぎ、特に望遠端で対物光学系の小型化が図れなくなる。また、上限の0を越えると、必要な変倍比を得ることが困難になる。

【0049】また、像反転光学系の偏心した反射面にパワーを付けると、実像式ファインダーを構成している他の回転対称面のパワーを小さくすることが可能であり、そこで発生する収差量も小さくなり、ファインダー光学系の小型化のためには好ましいことである。これにより、実像式ファインダーの小型高変倍比化と高性能化が同時に達成される。

【0050】また、本発明は上記の何れの場合も、光学系中の少なくとも1面に回転対称な非球面を用いることで良好な収差補正が可能なのは言うまでもない。また、各光学要素を有機材料で構成すればコスト的にも有利であり、その場合、アモルファスポリオレフィンのような低吸湿材料であれば、環境による性能変化も少なく好ましい。

【0051】また、上記のズームタイプにおいて、像反

$$|DY| < 0.5$$

なる条件を満足することが重要である。上記条件式の上限の0.5を越えると、弓なりな像歪みが補正過剰とな

$$|DY| < 0.2$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0055】また、次の条件式は、台形に発生する像歪みに関するものである。回転非対称面の偏心方向をY-Z面内とすると、広角端におけるY正方向の最大画角の

$$|C_{xn}| < 1$$

又は、

$$1 < |C_{xn}| < 10$$

なる条件のどちらかを満足することが重要となる。上記条件式の範囲を越えると、Y正方向光線を反射している場合には、Y負の方向に上辺が短くなる台形歪みが大きくなりすぎ、他の面で補正することが不可能になる。また、逆にY負方向光線を反射している場合には、Y正の方向に上辺が短くなる台形歪みが大きく発生し、他の面

$$|C_{xn}| < 0.5$$

又は、

$$1 < |C_{xn}| < 3$$

なる条件式を満足することが好ましい。

【0057】また、次の条件は回転非対称面のパワーに関するものである。今、広角端において、実像式ファイ

転光学系としてポロプリズムを適用できるのはもちろんであるが、それ以外に像反転部材としてダハプリズムやダハミラー、ペンタプリズムやベチャンプリズム、偏角プリズムや直角プリズム、楔型プリズムやペンタダハプリズム等が適用できるのはもちろんである。特に像反転部材にプリズムを用いる場合は、プリズムによる裏面反射のため、表面反射と同じパワーを得るのにもその反射面の曲率を緩くすることが可能である。そのため、特に像面湾曲に影響のあるベッツバール和を小さくできるので、フラットな像面を得ることができるので好ましい。同時に、反射面であることで、色収差の発生もないので性能上好ましい。

【0052】また、本発明に用いる回転非対称面は、偏心して配置された各面の偏心面と略同一の面を対称面となるようにすることで、対称面を挟んで左右両側を対称にすることができ、収差補正と製作性を大幅に向上させることができる。

【0053】また、以上の何れの場合も、次の条件式を満足することが望ましい。次の条件式は、例えば水平線を写したときに弓なり湾曲してしまう弓なりな回転非対称な像歪みに関するものである。図19に示すように、広角端においてY-Z面内でX方向の最大画角の主光線が回転非対称面と交差する点における前記回転非対称面の法線の \tan の値と、軸上主光線が前記回転非対称面と交差する点における前記回転非対称面の法線の \tan の値との差をDYとすると、

$$\dots (3-1)$$

り、像が弓なりに歪んでしまう。

【0054】さらに、好ましくは、

$$\dots (3-2)$$

主光線とY負方向の最大画角の主光線とがその回転非対称面と当たる部分のX方向の曲率の比を C_{xn} とすると、

$$\dots (4-1)$$

$$\dots (4-2)$$

で補正することが難しくなる。また、1になる場合はこの面で発生する台形歪みを少なくすることができないので、台形歪みが出っ放しになる。つまり、1以外の条件に入る値で他の面とのバランスをとってお互いに補正し合うことが重要である。

【0056】さらに好ましくは、

$$\dots (4-3)$$

$$\dots (4-4)$$

ンダーの対物光学系の第1面に軸上主光線に沿ったX方向、Y方向に対し微小な高さdの平行光線を通す。その光線が中間像を形成するのに関与する面の中最も中間像

に近い面から射出する際の軸上主光線に対する傾角の s_{in} を上記 d で割った値を中間像を形成するパワーとし、それぞれ PX 、 PY とする。また、回転非対称面の軸上主光線近傍での X 方向、Y 方向の面のパワーをそれぞれ

$$0 < |PX_n / PX| < 1$$

$$0 < |PY_n / PY| < 1$$

これらの条件式は、回転非対称面の作用を効果的に発揮するために設けた条件式で、それぞれの下限を越えた場合は、回転非対称面がパワーを持たなくなり、回転非対称な偏心収差を補正することができなくなり、対物光学系の Z 軸方向の小型化が図れなくなる。また、上限の 1

$$0 < |PX_n / PX| < 0.6$$

$$0 < |PY_n / PY| < 0.6$$

を満足することで、収差補正上また面製作上も有利になる。

【0060】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実像式ファインダーの各実施例の説明をする。図 1 に実施例 1 の実像式ファインダーの広角端での Y-Z 断面図 (a) と X-Z 断面図 (b) を示す。まず、座標系を説明すると、遠方の物点中心を通り、対物光学系 O b の開口中心を通過して中間像面 S_{11} 中心に到達し、さらに接眼光学系 O c を通り射出瞳中心に入射する光線を軸上主光線とし、その軸上主光線が光学系の第 1 面 S_1 に交差するまでの直線によって定義される光軸を Z 軸とし、その Z 軸と直交しかつ実像式ファインダーを構成する各面の偏心面内の軸を Y 軸と定義し、Z 軸と直交しかつ Y 軸と直交する軸を X 軸とする。

【0061】実施例 1 は、図 1 に示すように、物体側より順に、正の屈折力を有する対物光学系 O b と、像反転光学部材としてポロプリズムを用いた像反転光学系 P P と、正の屈折力を有する接眼光学系 O c からなる実像式ファインダーである。光学系を構成する面に物体側から順に符号 $S_1 \sim S_{18}$ を付与してあるが、その添字の番号は後記する構成パラメータの面番号に一致する。なお、

$$Z = (y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K) y^2 / R^2\}^{1/2}]$$

$$A y^4 + B y^6 + C y^8 + D y^{10} + \dots \dots \dots (d)$$

で与えられる。ただし、Z を光の進行方向を正とした光軸（軸上主光線）とし、y を光軸と垂直な方向にとる。

ここで、R は近軸曲率半径、K は円錐係数、A、B、C、D… はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面

$$Z = C_2$$

$$+ C_3 y + C_4 x$$

$$+ C_5 y^2 + C_6 y x + C_7 x^2$$

$$+ C_8 y^3 + C_9 y^2 x + C_{10} y x^2 + C_{11} x^3$$

$$+ C_{12} y^4 + C_{13} y^3 x + C_{14} y^2 x^2 + C_{15} y x^3 + C_{16} x^4$$

$$+ C_{17} y^5 + C_{18} y^4 x + C_{19} y^3 x^2 + C_{20} y^2 x^3 + C_{21} y x^4$$

$$+ C_{22} x^5$$

$$+ C_{23} y^6 + C_{24} y^5 x + C_{25} y^4 x^2 + C_{26} y^3 x^3 + C_{27} y^2 x^4$$

$$+ C_{28} y x^5 + C_{29} x^6$$

ぞれ PX_n 、 PY_n とする。その際、以下の条件を満足することが重要である。

【0058】

$$\dots (5-1)$$

$$\dots (5-2)$$

を越えた場合は、回転非対称面のパワーが強くなり過ぎ、逆にその回転非対称面で発生する回転非対称な収差が大きくなり過ぎ、他の面でその補正ができなくなる。

【0059】さらに好ましくは、

$$\dots (5-3)$$

$$\dots (5-4)$$

中間像面は S_{11} 、アイポイントは S_{18} である。

【0062】さらに詳しくは、対物光学系 O b は、物体側より順に、負の屈折力の第 1 群 G_1 と正の屈折力の第 2 群 G_2 と負の屈折力の第 3 群 G_3 とからなり、各群の間隔を変化させることで変倍を行う変倍比が約 3 倍のズームレンズであり、第 3 面 S_3 、第 4 面 S_4 、第 5 面 S_5 に以下の式 (d) で与えられる回転対称な非球面を用いている。また、像反転光学系 P P としてのポロプリズムは、それぞれが 2 つの反射面 S_8 、 S_9 、 S_{13} 、 S_{14} を有する 2 つのブロック P 1、P 2 からなり、その間の中間像面 S_{11} に対物光学系 O b による物体の中間像が形成される。本実施例ではそのポロプリズムの中、中間像よりも物体側にあるブロック P 1 の 2 つの反射面 S_8 、 S_9 に下記の式 (a) で与えられる回転非対称な面を適用している。また、同時に、物体側のブロック P 1 の入射側の屈折面 S_7 にも曲率を付け、そこに下記式 (d) で与えられる回転対称な非球面を導入している。また、接眼光学系 O c は正レンズ 1 枚からなり、物体側の面 S_{16} に下記式 (d) で与えられる回転対称な非球面を導入している。

【0063】本実施例の回転対称非球面は、

係数である。この定義式の Z 軸が回転対称非球面の軸となる。

【0064】本実施例の回転非対称面は、

$$\begin{aligned}
 &+C_{30}y^7+C_{31}y^6x+C_{32}y^5x^2+C_{33}y^4x^3+C_{34}y^3x^4 \\
 &+C_{35}y^2x^5+C_{36}yx^6+C_{37}x^7 \\
 &\dots\dots\dots \\
 &\dots\dots(a)
 \end{aligned}$$

で与えられる。この定義式の Z 軸が回転非対称面の軸となる。

【0065】対物光学系 O b を構成するズームレンズについて詳しく説明すると、図 2 に実施例 1 の対物光学系 O b の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) での各群 G 1 ~ G 3 の位置を像反転光学系 P P の入射側の屈折面 S₇ を基準にして示してある。第 1 群 G 1 は両凹負レンズ、第 2 群 G 2 は両凸正レンズ、第 3 群 G 3 は両凹負レンズからなる。広角端から望遠端にかけて、第 1 群 G 1 は広角端から標準状態まで若干観察側へ後退し、標準状態から望遠端までは物体側へ繰り出され、望遠端で広角端と同じ位置になり、また、第 2 群 G 2、第 3 群 G 3 は観察側から物体側へ繰り出されるが、第 2 群 G 2 の方が速度が速い。

【0066】本実施例において、このような構成を採ることで、対物光学系 O b とそれにより形成される物体の中間像との間に配置されたポロプリズム P P 内部にパワーを持つこととなるので、像反転に必要なだけの光路長を確保したまま、バックフォーカスを小さくする効果を得ることができ、対物光学系 O b が極端なレトロフォーカスタイプを採る必要がなくなり、対物光学系 O b の Z 軸方向の小型化が可能となる。

【0067】この実施例の水平半画角は 22.258° ~ 15.043° ~ 9.240°、垂直半画角は 12.586° ~ 8.542° ~ 5.275°、瞳径は直径 4 mm である。この実施例の構成パラメータは後記するが、構成パラメータ中、偏心が与えられている面については、その前の面から射出する軸上主光線に沿ってその前の面からの距離で定義される間隔で与えられる位置を原点とし、その原点からその軸上主光線の進む方向を新たな Z 軸とし、それに伴って Y-Z 断面内で新たな Z 軸に直交する方向を新たな Y 軸、X-Z 断面内で新たな Z 軸に直交する方向を新たな X 軸とする。そして、その原点に対する新たな X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向の偏心量（それぞれ x、y、z）と、その面の中心軸（自由曲面については、(a) 式の Z 軸、回転対称非球面については、(d) 式の Z 軸。）の新たな X 軸、Y 軸、Z 軸それぞれを中心とする傾き角 (°)（それぞれ α、β、γ）とが与えられている。なお、その場合、α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対しての反時計回りを、γ の正は Z 軸の正方向に対しての時計回りを意味する。その他、球面、(回転対称) 非球面の近軸曲率半径、面間隔（反射後に符号が反転する。）、媒質の屈折率、アッペ数が慣用法に従って与えられている。また、後記する構成パラメータにおいて、データの記載されていない非球面に関する項は 0 である。屈折率については d 線（波長

587.56 nm）に対するものを表記してある。長さの単位は mm であるが、もちろん任意の係数倍をしてもよい。以上、実施例 2 以降についても同じ。

【0068】図 3 に、実施例 2 の実像式ファインダーの図 1 と同様の断面図を示す。また、図 4 に、実施例 2 の実像式ファインダーの図 2 と同様の各群 G 1 ~ G 3 の位置を示す図を示す。実施例 2 は、実施例 1 と同様の構成を採用したまま、変倍比を 4 倍程度まで上げた例である。

【0069】すなわち、実施例 2 は、図 3 に示すように、物体側より順に、正の屈折力を有する対物光学系 O b と、像反転光学部材としてポロプリズムを用いた像反転光学系 P P と、正の屈折力を有する接眼光学系 O c からなる実像式ファインダーである。光学系を構成する面に物体側から順に符号 S₁ ~ S₁₈ を付与してあるが、その添字の番号は後記する構成パラメータの面番号に一致する。なお、中間像面は S₁₁、アイポイントは S₁₈ である。

【0070】そして、対物光学系 O b は、物体側より順に、負の屈折力の第 1 群 G 1 と正の屈折力の第 2 群 G 2 と負の屈折力の第 3 群 G 3 とからなり、各群の間隔を変化させることで変倍を行う変倍比が約 4 倍のズームレンズであり、第 3 面 S₃、第 4 面 S₄、第 5 面 S₅ に式

(d) で与えられる回転対称な非球面を用いている。また、像反転光学系 P P としてのポロプリズムは、それぞれが 2 つの反射面 S₈、S₉、S₁₃、S₁₄ を有する 2 つのブロック P 1、P 2 からなり、その間の中間像面 S₁₁ に対物光学系 O b による物体の中間像が形成される。本実施例ではそのポロプリズムの中、中間像よりも物体側にあるブロック P 1 の 2 つの反射面 S₈、S₉ に式

(a) で与えられる回転非対称な面を適用している。また、同時に、物体側のブロック P 1 の入射側の屈折面 S₇ にも曲率を付け、そこに式 (d) で与えられる回転対称な非球面を導入している。また、接眼光学系 O c は正レンズ 1 枚からなり、物体側の面 S₁₆ に式 (d) で与えられる回転対称な非球面を導入している。

【0071】対物光学系 O b を構成するズームレンズについては、図 4 に広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) での各群 G 1 ~ G 3 の位置を像反転光学系 P P の入射側の屈折面 S₇ を基準にして示すように、第 1 群 G 1 は両凹負レンズ、第 2 群 G 2 は両凸正レンズ、第 3 群 G 3 は両凹負レンズからなり、広角端から望遠端にかけて、第 1 群 G 1 は広角端から標準状態まで物体側へ若干繰り出され、標準状態から望遠端までは同じ位置になり、また、第 2 群 G 2、第 3 群 G 3 は観察側から物体側へ繰り出されるが、第 2 群 G 2 の方が速度が速い。

【0072】実施例2の水平半画角は $22.258^{\circ} \sim 12.501^{\circ} \sim 6.629^{\circ}$ 、垂直半画角は $12.586^{\circ} \sim 7.262^{\circ} \sim 3.799^{\circ}$ 、瞳径は直径4mmである。

【0073】図5に、実施例3の実像式ファインダーの図1と同様の断面図を示す。また、図6に、実施例3の実像式ファインダーの図2と同様の各群G1～G3の位置を示す図を示す。実施例3は、図5に示すように、物体側より順に、正の屈折力を有する対物光学系Obと、像反転光学部材としてポロプリズムを用いた像反転光学系PPと、正の屈折力を有する接眼光学系Ocからなる実像式ファインダーである。光学系を構成する面に物体側から順に符号S₁～S₁₈を付与してあるが、その添字の番号は後記する構成パラメータの面番号に一致する。なお、中間像面はS₁₁、アイポイントはS₁₈である。

【0074】そして、対物光学系Obは、物体側より順に、負の屈折力の第1群G1と正の屈折力の第2群G2と正の屈折力の第3群G3とからなり、各群の間隔を変化させることで変倍を行う変倍比が約3倍のズームレンズであり、第2面S₂、第3面S₃、第5面S₅に式

(d)で与えられる回転対称な非球面を用いている。また、像反転光学系PPとしてのポロプリズムは、それぞれが2つの反射面S₈、S₉、S₁₃、S₁₄を有する2つのブロックP1、P2からなり、その間の中間像面S₁₁に対物光学系Obによる物体の中間像が形成される。本実施例ではそのポロプリズムの中、中間像よりも物体側にあるブロックP1の2つの反射面S₈、S₉に式

(a)で与えられる回転非対称な面を適用している。また、同時に、物体側のブロックP1の入射側の屈折面S₇にも曲率を付け、そこに式(d)で与えられる回転対称な非球面を導入している。また、接眼光学系Ocは正レンズ1枚からなり、物体側の面S₁₆に式(d)で与えられる回転対称な非球面を導入している。

【0075】対物光学系Obを構成するズームレンズについては、図6に広角端(a)、標準状態(b)、望遠端(c)での各群G1～G3の位置を像反転光学系PPの入射側の屈折面S₇を基準にして示すように、第1群G1は両凹負レンズ、第2群G2は両凸正レンズ、第3

群G3は両凸正レンズからなり、広角端から望遠端にかけて、第1群G1は広角端から標準状態まで若干観察側へ後退し、標準状態から望遠端までは物体側へ繰り出され、望遠端で広角端と同じ位置になり、また、第2群G2、第3群G3は略同じ速度で観察側から物体側へ繰り出されるが、両群の間隔が標準状態で若干広がる。

【0076】本実施例においても、このような構成を採ることで、対物光学系Obとそれにより形成される物体の中間像との間に配置されたポロプリズムPP内部にパワーを持つこととなるので、像反転に必要なだけの光路長を確保したまま、バックフォーカスを小さくする効果を得ることができ、対物光学系Obが極端なレトロフォーカスタイプを採る必要がなくなり、対物光学系ObのZ軸方向の小型化が可能となる。

【0077】実施例3の水平半画角は $22.258^{\circ} \sim 15.043^{\circ} \sim 9.240^{\circ}$ 、垂直半画角は $12.586^{\circ} \sim 8.542^{\circ} \sim 5.275^{\circ}$ 、瞳径は直径4mmである。

【0078】実施例4は、図示を省くが、実施例1と同様の構成の実像式ファインダーであるが、Z軸方向に実施例1より約10%大きい。この実施例の広角端から望遠端にかけの各群の移動軌跡は、第1群G1は広角端から望遠端まで固定され、第2群G2、第3群G3は観察側から物体側へ繰り出されるが、第2群G2の方が速度が速い。その他の構成は実施例1と同様である。この実施例の水平半画角は $22.258^{\circ} \sim 15.043^{\circ} \sim 9.240^{\circ}$ 、垂直半画角は $12.586^{\circ} \sim 8.542^{\circ} \sim 5.275^{\circ}$ 、瞳径は直径4mmである。

【0079】実施例5は、図示を省くが、実施例3と同様の構成の実像式ファインダーであるが、ポロプリズムPPの屈折率を小さくしたので、Z軸方向に実施例3より約10%大きい。この実施例の水平半画角は $22.258^{\circ} \sim 15.043^{\circ} \sim 9.240^{\circ}$ 、垂直半画角は $12.586^{\circ} \sim 8.542^{\circ} \sim 5.275^{\circ}$ 、瞳径は直径4mmである。

【0080】以下に、上記実施例1～5の構成パラメータを示す。なお、構成パラメータ中、回転非対称面は自由曲面と表記されている。

実施例1

面番号	曲率半径	間隔
物体面	∞	3000.0000
1	-7.749	0.80
2	11.413	d ₁
3	4.505	1.61
	(非球面1)	
4	-5.437	d ₂
	(非球面2)	
5	-1847.945	0.80
	(非球面3)	
6	5.313	d ₃

偏心	屈折率	アッペ数
----	-----	------

	1.5842	30.5
--	--------	------

	1.5254	55.8
--	--------	------

	1.5842	30.5
--	--------	------

7	8.130	4.62		1.5254	55.8
	(非球面 4)				
8	自由曲面 [1]	-4.62	偏心 (1)	1.5254	55.8
9	自由曲面 [2]	4.62	偏心 (2)	1.5254	55.8
10	∞	0.97			
11	∞	0.00			
	(中間像面)				
12	9.846	5.79		1.5254	55.8
13	∞	-8.79	偏心 (3)	1.5254	55.8
14	∞	12.58	偏心 (3)	1.5254	55.8
15	∞	1.46			
16	11.119	2.62		1.4924	57.6
	(非球面 5)				
17	-67.545	18.50			
18	∞				
	(アイポイント)				
	自由曲面 [1]				
C_5	-2.4937×10^{-3}	C_7	-3.4545×10^{-3}	C_8	2.6695×10^{-4}
C_{10}	2.2002×10^{-4}	C_{12}	1.0609×10^{-4}	C_{14}	2.5059×10^{-6}
C_{16}	5.0435×10^{-5}	C_{17}	-2.5521×10^{-5}		
	自由曲面 [2]				
C_5	9.0788×10^{-4}	C_7	-1.6146×10^{-3}	C_8	4.1934×10^{-4}
C_{10}	8.6143×10^{-5}	C_{12}	-1.9168×10^{-4}	C_{14}	3.4457×10^{-5}
C_{16}	5.1791×10^{-6}	C_{17}	-2.3326×10^{-5}		
	非球面 1				
K	-0.328212	A	-0.169591×10^{-2}	B	0.134380×10^{-4}
		C	-0.189746×10^{-4}	D	0.194669×10^{-5}
	非球面 2				
K	-2.693802	A	-0.832644×10^{-4}	B	0.737555×10^{-4}
		C	-0.343977×10^{-4}	D	0.328486×10^{-5}
	非球面 3				
K	462457.2732	A	0.204519×10^{-2}	B	-0.658153×10^{-3}
		C	0.869289×10^{-4}	D	-0.372509×10^{-5}
	非球面 4				
K	-20.838307	A	0.179507×10^{-2}	B	0.184123×10^{-3}
		C	-0.546979×10^{-4}	D	0.305275×10^{-5}
	非球面 5				
K	0.414550	A	-0.239353×10^{-3}	B	0.998505×10^{-5}
		C	-0.519584×10^{-6}	D	0.802739×10^{-8}
	偏心 (1)				
x	0.000	y	0.000	z	0.000
α	135.00	β	0.00	γ	0.00
	偏心 (2)				
x	0.000	y	0.000	z	0.000
α	-45.00	β	0.00	γ	0.00
	偏心 (3)				
x	0.000	y	0.000	z	0.000
α	0.00	β	45.00	γ	0.00
ズーム間隔 広角端 標準状態 望遠端					
d_1	4.78741	2.78765	0.50000		

d_2 0.20000 1.02683 3.27793
 d_3 0.80000 1.86903 2.00948

$f_1 / f_w = -0.463$

$d_{z2} / d_{z1} = -0.718$

第 8 面

DY = -0.032269

Cx n = 0.001287

PXn / PX = 0.161172

PYn / PY = 0.112648

第 9 面

DY = -0.023888

Cx n = 0.000526

PXn / PX = 0.075338

PYn / PY = 0.041007

【0081】

実施例 2

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	3000.0000			
1	-8.073	1.00		1.5842	30.5
2	11.506	d_1			
3	4.576	1.80		1.5254	55.8
	(非球面 1)				
4	-5.496	d_2			
	(非球面 2)				
5	-1450.283	1.00		1.5842	30.5
	(非球面 3)				
6	4.896	d_3			
7	7.905	4.62		1.5254	55.8
	(非球面 4)				
8	自由曲面 [1]	-4.62	偏心 (1)	1.5254	55.8
9	自由曲面 [2]	4.62	偏心 (2)	1.5254	55.8
10	∞	0.97			
11	∞	0.00			
	(中間像面)				
12	9.846	5.79		1.5254	55.8
13	∞	-8.79	偏心 (3)	1.5254	55.8
14	∞	12.58	偏心 (3)	1.5254	55.8
15	∞	1.46			
16	11.119	2.62		1.4924	57.6
	(非球面 5)				
17	-67.545	18.50			
18	∞				
	(アイポイント)				
	自由曲面 [1]				
C_5	-3.2064×10^{-3}	C_7	-5.5794×10^{-3}		
	自由曲面 [2]				
C_5	-3.1083×10^{-3}	C_7	-7.9326×10^{-3}		
	非球面 1				
K	-0.363217	A	-0.161120×10^{-3}	B	-0.502808×10^{-4}
		C	-0.180331×10^{-5}	D	0.217446×10^{-6}

非球面 2					
K	-3.089352	A	-0.631867×10^{-3}	B	0.924280×10^{-5}
		C	-0.684861×10^{-5}	D	0.458271×10^{-6}
非球面 3					
K	$-0.138466 \times 10^{+12}$	A	-0.248918×10^{-3}	B	-0.133924×10^{-3}
		C	0.294023×10^{-4}	D	-0.166284×10^{-5}
非球面 4					
K	-1.394206	A	0.434082×10^{-3}	B	0.197969×10^{-4}
		C	-0.158307×10^{-6}	D	-0.202573×10^{-6}
非球面 5					
K	0.789940	A	-0.291128×10^{-3}	B	0.668794×10^{-5}
		C	-0.311071×10^{-6}	D	0.382879×10^{-8}

偏心 (1)

x	0.000	y	0.000	z	0.000
α	135.00	β	0.00	γ	0.00
x	0.000	y	0.000	z	0.000
α	-45.00	β	0.00	γ	0.00

偏心 (3)

x	0.000	y	0.000	z	0.000
α	0.00	β	45.00	γ	0.00

ズーム間隔	広角端	標準状態	望遠端
d_1	6.65117	3.56446	0.26193
d_2	0.10000	0.89393	3.74185
d_3	2.12127	5.54162	5.99623
f_1 / f_w	=-0.560		
d_{z2} / d_{z1}	=-0.586		

第 8 面

DY	= 0.000000
Cx n	= 0.000000
PXn / PX	= 0.267660
PYn / PY	= 0.151933

第 9 面

DY	= 0.000000
Cx n	= 0.000000
PXn / PX	= 0.380550
PYn / PY	= 0.147285

【0082】

実施例 3

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	∞	3000.0000			
1	-6.04	0.80		1.5842	30.5
2	12.01	d_1			
	(非球面 1)				
3		4.88		2.00	
		1.5254		55.8	
	(非球面 2)				
4	-24.24			d_2	
5	11.36	1.60		1.5254	55.8
	(非球面 3)				
6	-10.08	d_3			

7	-11.56	4.62		1.5842	30.5
(非球面 4)					
8	自由曲面 [1]	-4.62	偏心 (1)	1.5842	30.5
9	自由曲面 [2]	4.62	偏心 (2)	1.5842	30.5
10	∞	1.50			
11	∞	0.00			
(中間像面)					
12	9.75	5.79		1.5254	55.8
13	∞	-8.79	偏心 (3)	1.5254	55.8
14	∞	12.58	偏心 (3)	1.5254	55.8
15	∞	1.50			
16	10.89	2.62		1.4924	57.6
(非球面 5)					
17	-80.78	18.50			
18	∞				
(アイポイント)					
自由曲面 [1]					
C_5	-1.6852×10^{-3}	C_7	-2.4315×10^{-3}	C_8	1.3763×10^{-4}
C_{10}	1.3898×10^{-4}	C_{12}	1.8459×10^{-6}	C_{14}	-1.3322×10^{-4}
C_{16}	-2.0500×10^{-5}	C_{17}	-2.2610×10^{-6}	C_{19}	1.0057×10^{-5}
C_{21}	-4.2329×10^{-5}				
自由曲面 [2]					
C_5	7.8527×10^{-4}	C_7	-7.0986×10^{-4}	C_8	6.7723×10^{-5}
C_{10}	-8.2393×10^{-6}	C_{12}	-9.9608×10^{-5}	C_{14}	-1.4290×10^{-4}
C_{16}	-2.6818×10^{-4}	C_{17}	9.5642×10^{-6}	C_{19}	2.8647×10^{-5}
C_{21}	-4.4497×10^{-5}				
非球面 1					
K	-1.0748	A	-5.2009×10^{-4}	B	1.1973×10^{-4}
		C	-3.2545×10^{-5}	D	2.0110×10^{-6}
非球面 2					
K	-5.0340×10^{-1}	A	3.7165×10^{-4}	B	1.0333×10^{-4}
		C	-1.2764×10^{-5}	D	8.3066×10^{-7}
非球面 3					
K	-1.0225×10	A	-1.6205×10^{-3}	B	-2.0873×10^{-4}
		C	8.3978×10^{-6}	D	-1.1485×10^{-6}
非球面 4					
K	1.4058×10	A	8.4141×10^{-4}	B	3.5573×10^{-4}
		C	-6.2518×10^{-5}	D	6.4473×10^{-6}
非球面 5					
K	1.0547×10^{-1}	A	-1.9888×10^{-4}	B	4.4837×10^{-6}
		C	-2.1334×10^{-7}	D	3.1991×10^{-9}
偏心 (1)					
x	0.00	y	0.00	z	0.00
α	135.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (2)					
x	0.00	y	0.00	z	0.00
α	-45.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (3)					
x	0.00	y	0.00	z	0.00
α	0.00	β	45.00	γ	0.00

ズーム間隔	広角端	標準状態	望遠端
d_1	4. 00000	2. 32479	0. 30000
d_2	0. 20000	0. 30000	0. 20000
d_3	0. 40000	1. 43124	4. 10000

$$f_1 / f_{\infty} = -1. 436$$

$$d_{z2} / d_{z1} = 0$$

第 8 面

$$D Y = -0. 002521$$

$$C x n = 0. 000969$$

$$P X n / P X = 0. 118089$$

$$P Y n / P Y = 0. 080639$$

第 9 面

$$D Y = 0. 054421$$

$$C x n = 0. 000797$$

$$P X n / P X = 0. 034475$$

$$P Y n / P Y = 0. 037576$$

【 0 0 8 3 】

実施例 4

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	3000. 0000			
1	-7. 642	1. 00		1. 5842	30. 5
2	12. 138	d_1			
3	4. 541	1. 80		1. 5254	55. 8
	(非球面 1)				
4	-5. 472	d_2			
	(非球面 2)				
5	-263. 097	1. 00		1. 5842	30. 5
	(非球面 3)				
6	5. 092	d_3			
7	7. 905	4. 62		1. 5254	55. 8
	(非球面 4)				
8	自由曲面 [1]	-4. 62	偏心 (1)	1. 5254	55. 8
9	自由曲面 [2]	4. 62	偏心 (2)	1. 5254	55. 8
10	∞	0. 97			
11	∞	0. 00			
	(中間像面)				
12	9. 846	5. 79		1. 5254	55. 8
13	∞	-8. 79	偏心 (3)	1. 5254	55. 8
14	∞	12. 58	偏心 (3)	1. 5254	55. 8
15	∞	1. 46			
16	11. 119	2. 62		1. 4924	57. 6
	(非球面 5)				
17	-67. 545	18. 50			
18	∞				
	(アイポイント)				

自由曲面 [1]

C_5	$-2. 4646 \times 10^{-3}$	C_7	$-3. 9726 \times 10^{-3}$	C_8	$2. 4035 \times 10^{-4}$
C_{10}	$4. 5240 \times 10^{-4}$	C_{12}	$5. 9444 \times 10^{-5}$	C_{14}	$2. 5749 \times 10^{-4}$
C_{16}	$1. 7758 \times 10^{-4}$	C_{17}	$-1. 6772 \times 10^{-5}$	C_{19}	$-5. 8164 \times 10^{-5}$
C_{21}	$-4. 7464 \times 10^{-5}$				

自由曲面 [2]

C_5 1.1417×10^{-3} C_7 -1.9469×10^{-4} C_8 2.4035×10^{-4}
 C_{10} 4.5240×10^{-4} C_{12} -1.2588×10^{-4} C_{14} -5.0027×10^{-4}
 C_{16} -2.9011×10^{-4} C_{17} -1.1324×10^{-5} C_{19} -8.8847×10^{-5}
 C_{21} -1.4614×10^{-6}

非球面 1

K -0.329320 A -0.152103×10^{-2} B -0.639381×10^{-4}
 C -0.519506×10^{-5} D 0.473690×10^{-6}

非球面 2

K -3.282785 A -0.537075×10^{-3} B 0.990465×10^{-6}
 C -0.104711×10^{-4} D 0.774782×10^{-6}

非球面 3

K -24372.26332 A -0.495068×10^{-3} B -0.141484×10^{-3}
 C 0.297517×10^{-4} D -0.129449×10^{-5}

非球面 4

K -0.924551 A 0.545355×10^{-3} B -0.142582×10^{-4}
 C -0.222236×10^{-5} D -0.187769×10^{-6}

非球面 5

K 0.789940 A -0.291128×10^{-3} B 0.668794×10^{-5}
 C -0.311071×10^{-6} D 0.382879×10^{-8}

偏心 (1)

x 0.000 y 0.000 z 0.000
 α 135.00 β 0.00 γ 0.00

偏心 (2)

x 0.000 y 0.000 z 0.000
 α -45.00 β 0.00 γ 0.00

偏心 (3)

x 0.000 y 0.000 z 0.000
 α 0.00 β 45.00 γ 0.00

ズーム間隔 広角端 標準状態 望遠端

d_1 5.20000 2.91230 0.50000

d_2 0.20000 1.07610 3.24184

d_3 0.80000 2.21160 2.45816

$f_1 / f_\infty = -0.459$

$d_{z2} / d_{z1} = -0.647$

第 8 面

$DY = -0.048534$

$C_{xn} = 0.001736$

$PX_n / PX = 0.181014$

$PY_n / PY = 0.110186$

第 9 面

$DY = -0.123494$

$C_{xn} = 0.002225$

$PX_n / PX = 0.008871$

$PY_n / PY = 0.051043$

【0084】

実施例 5

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	∞	3000.0000			
1	-7.21	0.80		1.5842	30.5

2	10.14	d_1			
	(非球面 1)				
3	5.24	2.00		1.5254	55.8
	(非球面 2)				
4	-45.46	d_2			
5	14.68	1.60		1.5254	55.8
	(非球面 3)				
6	-8.78	d_3			
7	-14.36	4.62		1.5254	55.8
	(非球面 4)				
8	自由曲面 [1]	-4.62	偏心 (1)	1.5254	55.8
9	自由曲面 [2]	4.62	偏心 (2)	1.5254	55.8
10	∞	1.50			
11	∞	0.00			
	(中間像面)				
12	9.45	5.79		1.5254	55.8
13	∞	-8.79	偏心 (3)	1.5254	55.8
14	∞	12.58	偏心 (3)	1.5254	55.8
15	∞	1.50			
16	10.91	2.62		1.4924	57.6
	(非球面 5)				
17	-79.29	18.50			
18	∞				
	(アイポイント)				
	自由曲面 [1]				
C_5	-2.3770×10^{-3}	C_7	-3.1902×10^{-3}	C_8	2.2752×10^{-4}
C_{10}	4.0118×10^{-5}	C_{12}	-3.3348×10^{-5}	C_{14}	-1.7642×10^{-4}
C_{16}	-1.1360×10^{-5}	C_{17}	3.7297×10^{-6}		
	自由曲面 [2]				
C_5	9.7327×10^{-4}	C_7	-2.3890×10^{-3}	C_8	2.2095×10^{-4}
C_{10}	-7.7803×10^{-5}	C_{12}	-3.1397×10^{-5}	C_{14}	1.2066×10^{-4}
C_{16}	-1.4635×10^{-4}	C_{17}	1.1908×10^{-5}		
	非球面 1				
K	9.5350×10^{-1}	A	-3.8896×10^{-4}	B	2.9938×10^{-5}
		C	-2.6144×10^{-5}	D	2.1315×10^{-6}
	非球面 2				
K	-6.3999×10^{-1}	A	1.8291×10^{-4}	B	1.1997×10^{-4}
		C	-2.1612×10^{-5}	D	9.5866×10^{-7}
	非球面 3				
K	-1.3708×10	A	-1.4033×10^{-3}	B	-1.3244×10^{-4}
		C	8.8081×10^{-6}	D	-2.1819×10^{-7}
	非球面 4				
K	2.4602×10	A	6.9178×10^{-4}	B	2.8044×10^{-4}
		C	-6.3141×10^{-5}	D	7.4779×10^{-6}
	非球面 5				
K	8.7308×10^{-2}	A	-2.0870×10^{-4}	B	5.3399×10^{-6}
		C	-2.5127×10^{-7}	D	3.7542×10^{-9}
	偏心 (1)				
x	0.00	y	0.00	z	0.00
α	135.00	β	0.00	γ	0.00

偏心 (2)			
x	0. 00	y	0. 00
α	-45. 00	β	0. 00
偏心 (3)			
x	0. 00	y	0. 00
α	0. 00	β	45. 00
γ			0. 00
ズーム間隔	広角端	標準状態	望遠端
d ₁	4. 90000	2. 47329	0. 70000
d ₂	0. 20000	0. 36713	0. 20000
d ₃	0. 50000	2. 11811	4. 70000
f ₁ / f _∞	=-1. 459		
d _{z2} / d _{z1}	= 0		
第 8 面			
DY	=-0. 006003		
C x n	= 0. 000289		
P X n / P X	= 0. 148615		
P Y n / P Y	= 0. 107046		
第 9 面			
DY	= 0. 018873		
C x n	=-0. 000572		
P X n / P X	= 0. 111291		
P Y n / P Y	= 0. 043830		

【0085】次に、上記実施例1の広角端、標準状態、望遠端での中心及びX方向、Y方向最大画角における横収差状況をそれぞれ図7～図9に示す。また、実施例2の同様の横収差状況を図10～図12に、実施例4の同様の横収差状況を図13～図15に示す。これら横収差を表す図において、括弧内に示された数字は（水平（X方向）画角、垂直（Y方向）画角）を表し、その画角における横収差図を示す。ただし、これら横収差は接眼光学系Ocの観察側に無収差結像レンズを配置してその結像面上での横収差である。

【0086】以上の本発明の実像式ファインダーは例えば次のように構成することが望ましい。

〔1〕 物体側から順に、正の屈折力を有する対物光学系と、該対物光学系による中間像を正立正像にするための像反転光学系と、正の屈折力を有する接眼光学系とを有する実像式ファインダーにおいて、前記対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正又は負の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、ワイド端からテレ端への変倍に際し前記第1レンズ群から第3レンズ群の各群の間隔を変化するように構成され、前記像反転光学系が有する反射面の中少なくとも1面が光学的パワーを有する曲面反射鏡として構成されていると共に、前記曲面反射鏡によって発生する偏心収差を補正するような回転非対称な面形状を有することを特徴とする実像式ファインダー。

【0087】〔2〕 前記第3レンズ群が負の屈折力を有することを特徴とする上記〔1〕記載の実像式ファインダー。

ンダー。

【0088】〔3〕 前記第3レンズ群が正の屈折力を有することを特徴とする上記〔1〕記載の実像式ファインダー。

【0089】〔4〕 物体側から順に、正の屈折力を有する対物光学系と、該対物光学系による中間像を正立正像にするための像反転光学系と、正の屈折力を有する接眼光学系とを有する実像式ファインダーにおいて、前記対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、各群の間隔を変化させることで変倍を行うと共に、前記像反転光学系の反射面の中少なくとも1面が光学的パワーを有し、さらに、前記像反転光学系の中少なくとも1面が回転非対称な面形状を有することを特徴とする実像式ファインダー。

【0090】〔5〕 前記の回転非対称な面形状の少なくとも1面が、軸上主光線に対して偏心していることを特徴とする上記〔4〕記載の実像式ファインダー。

【0091】〔6〕 前記の回転非対称な面形状は、その面内及び面外共に回転対称軸を有しないことを特徴とする上記〔5〕記載の実像式ファインダー。

【0092】〔7〕 前記像反転光学系はポロプリズムを含むことを特徴とする上記〔6〕記載の実像式ファインダー。

【0093】〔8〕 物体側から順に、正の屈折力を有する対物光学系と、該対物光学系による中間像を正立正像にするための像反転光学系と、正の屈折力を有する接

眼光学系とを有する実像式ファインダーにおいて、前記対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、各群の間隔を変化させることで変倍を行うと共に、前記像反転光学系の反射面の中少なくとも1面が光学的パワーを有し、さらに、前記像反転光学系の中少なくとも1面が回転非対称な面形状を有することを特徴とする実像式ファインダー。

【0094】〔9〕 前記の回転非対称な面形状の少なくとも1面が、軸上主光線に対して偏心していることを

$$-2.0 < f_1 / f_w < 0$$

$$-2.0 < d_{z2} / d_{z1} < 0$$

ただし、 f_1 は対物光学系の第1レンズ群の焦点距離、 f_w 広角端での対物光学系全系の焦点距離（像反転光学系に付けたパワー分は含まない。）、 d_{z1} は第1レンズ群と第2レンズ群の広角端から望遠端にかけての群間隔の変化量、 d_{z2} は第2レンズ群と第3レンズ群の広角端

$$-2.0 < f_1 / f_w < 0$$

$$-2.0 < d_{z2} / d_{z1} < 0$$

ただし、 f_1 は対物光学系の第1レンズ群の焦点距離、 f_w 広角端での対物光学系全系の焦点距離（像反転光学系に付けたパワー分は含まない。）、 d_{z1} は第1レンズ群と第2レンズ群の広角端から望遠端にかけての群間隔の変化量、 d_{z2} は第2レンズ群と第3レンズ群の広角端から望遠端にかけての群間隔の変化量である。

【0099】〔14〕 物点中心を通り、対物光学系の絞り中心又は開口中心を通過して中間像面中心に到達し、さらに接眼光学系を通り瞳中心に入射する光線を軸上主光線とし、軸上光線が前記回転非対称面に交差する

$$|DY| < 0.5$$

なる条件を満足することを特徴とする上記〔1〕から〔3〕の何れか1項記載の実像式ファインダー。

【0100】〔15〕 物点中心を通り、対物光学系の絞り中心又は開口中心を通過して中間像面中心に到達し、さらに接眼光学系を通り瞳中心に入射する光線を軸上主光線とし、軸上光線が前記回転非対称面に交差するまでの直線によって定義される軸をZ軸とし、前記Z軸

$$|C_{xn}| < 1$$

又は、

$$1 < |C_{xn}| < 10$$

なる条件のどちらかを満足することを特徴とする上記〔1〕から〔3〕の何れか1項記載の実像式ファインダー。

【0101】〔16〕 物点中心を通り、対物光学系の絞り中心又は開口中心を通過して中間像面中心に到達し、さらに接眼光学系を通り瞳中心に入射する光線を軸上主光線とし、軸上光線が前記回転非対称面に交差するまでの直線によって定義される軸をZ軸とし、前記Z軸と直交し、かつ、前記回転非対称面の偏心面内の軸をY

特徴とする上記〔8〕記載の実像式ファインダー。

【0095】〔10〕 前記の回転非対称な面形状は、その面内及び面外共に回転対称軸を有しないことを特徴とする上記〔9〕記載の実像式ファインダー。

【0096】〔11〕 前記像反転光学系はポロプリズムを含むことを特徴とする上記〔10〕記載の実像式ファインダー。

【0097】〔12〕 以下の条件式の何れかあるいは両方を満足することを特徴とする上記〔1〕又は〔2〕記載の実像式ファインダー。

$$\dots (1-1)$$

$$\dots (1-2)$$

から望遠端にかけての群間隔の変化量である。

【0098】〔13〕 以下の条件式の何れかあるいは両方を満足することを特徴とする上記〔1〕又は〔3〕記載の実像式ファインダー。

$$\dots (2-1)$$

$$\dots (2-2)$$

までの直線によって定義される軸をZ軸とし、前記Z軸と直交し、かつ、前記回転非対称面の偏心面内の軸をY軸と定義し、前記Z軸と直交し、かつ、前記Y軸と直交する軸をX軸とするとき、広角端においてY-Z面内でX方向の最大画角の主光線が前記回転非対称面と交差する点における前記回転非対称面の法線の \tan の値と、軸上主光線が前記回転非対称面と交差する点における前記回転非対称面の法線の \tan の値との差をDYとするとき、

$$\dots (3-1)$$

と直交し、かつ、前記回転非対称面の偏心面内の軸をY軸と定義し、前記Z軸と直交し、かつ、前記Y軸と直交する軸をX軸とするとき、前記回転非対称面の広角端におけるY正方向の最大画角の主光線とY負方向の最大画角の主光線とが前記回転非対称面と当たる部分のX方向の曲率の比を C_{xn} とするとき、

$$\dots (4-1)$$

$$\dots (4-2)$$

軸と定義し、前記Z軸と直交し、かつ、前記Y軸と直交する軸をX軸とするとき、広角端において、前記対物光学系の第1面に軸上主光線に沿ったX方向、Y方向に対し微小な高さdの平行光線を通し、その光線が中間像を形成するのに関与する面の中最も中間像に近い面から射出する際の軸上主光線に対する傾角の \sin を前記dで割った値をそれぞれPX、PYとし、また、前記回転非対称面の軸上主光線近傍でのX方向、Y方向の面のパワーをそれぞれ P_{Xn} 、 P_{Yn} とするとき、

$$0 < |P X_n / P X| < 1$$

$$0 < |P Y_n / P Y| < 1$$

なる条件を満足することを特徴とする上記〔1〕から〔3〕の何れか1項記載の実像式ファインダー。

【0102】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によると、像反転光学系内の反射面にパワーを持たせることで、厚み方向の小型化を図り、同時に像反転光学系内に回転非対称な面を用いることで、回転非対称な偏心収差を補正した高性能な実像式ファインダーを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の実像式ファインダーの広角端での断面図である。

【図2】実施例1の対物光学系の広角端（a）、標準状態（b）、望遠端（c）での各群の位置を示す図である。

【図3】本発明の実施例2の実像式ファインダーの広角端での断面図である。

【図4】実施例2の対物光学系の広角端（a）、標準状態（b）、望遠端（c）での各群の位置を示す図である。

【図5】本発明の実施例3の実像式ファインダーの広角端での断面図である。

【図6】実施例3の対物光学系の広角端（a）、標準状態（b）、望遠端（c）での各群の位置を示す図である。

【図7】実施例1の広角端での横収差状況を示す収差図である。

【図8】実施例1の標準状態での横収差状況を示す収差図である。

【図9】実施例1の望遠端での横収差状況を示す収差図である。

【図10】実施例2の広角端での横収差状況を示す収差

・・・（5-1）

・・・（5-2）

図である。

【図11】実施例2の標準状態での横収差状況を示す収差図である。

【図12】実施例2の望遠端での横収差状況を示す収差図である。

【図13】実施例4の広角端での横収差状況を示す収差図である。

【図14】実施例4の標準状態での横収差状況を示す収差図である。

【図15】実施例4の望遠端での横収差状況を示す収差図である。

【図16】偏心した反射面により発生する像面湾曲を説明するための概念図である。

【図17】偏心した反射面により発生する非点収差を説明するための概念図である。

【図18】偏心した反射面により発生するコマ収差を説明するための概念図である。

【図19】本発明において用いるパラメータDYを説明するための図である。

【符号の説明】

O b…対物光学系

P P…像反転光学系（ポロプリズム）

O c…接眼光学系

G 1…第1レンズ群

G 2…第2レンズ群

G 3…第3レンズ群

P 1、P 2…プリズムブロック

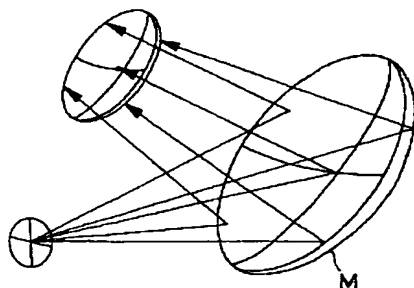
S₁～S₁₀、S₁₂～S₁₇…光学面

S₁₁…中間像面

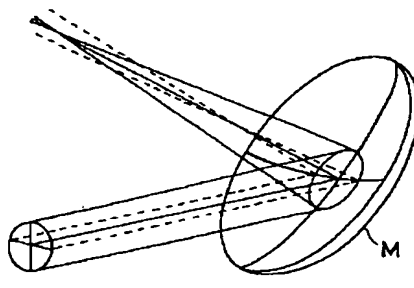
S₁₈…アイポイント

M …凹面鏡

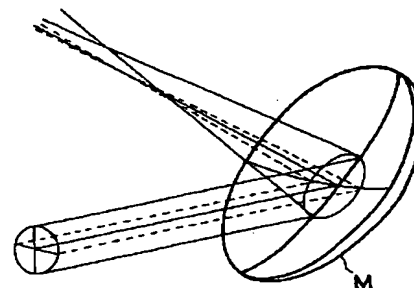
【図16】



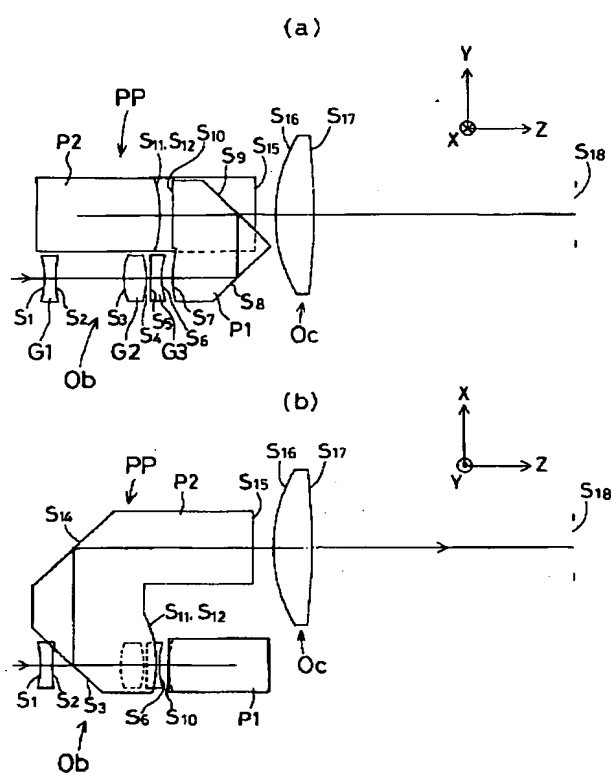
【図17】



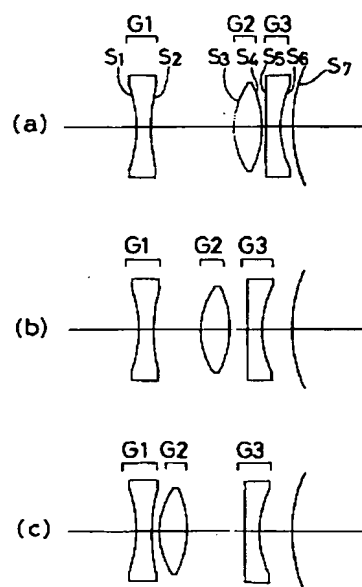
【図18】



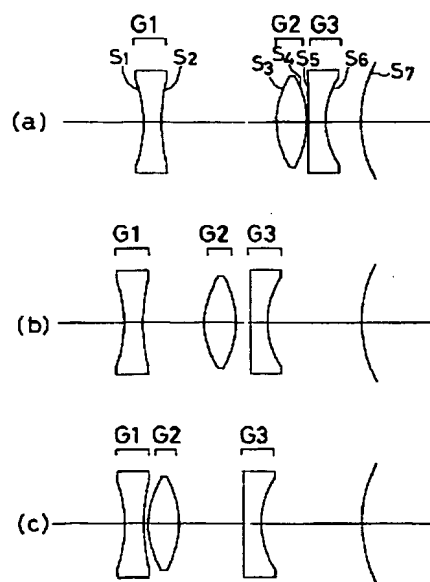
【図 1】



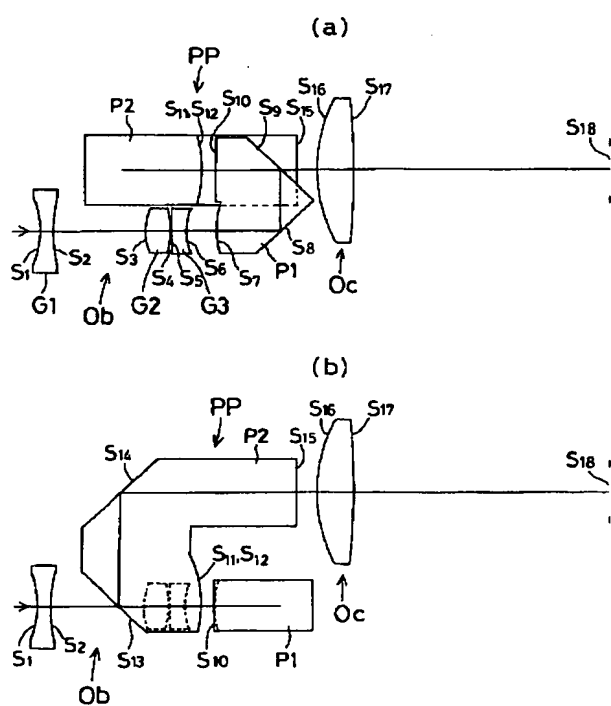
【図 2】



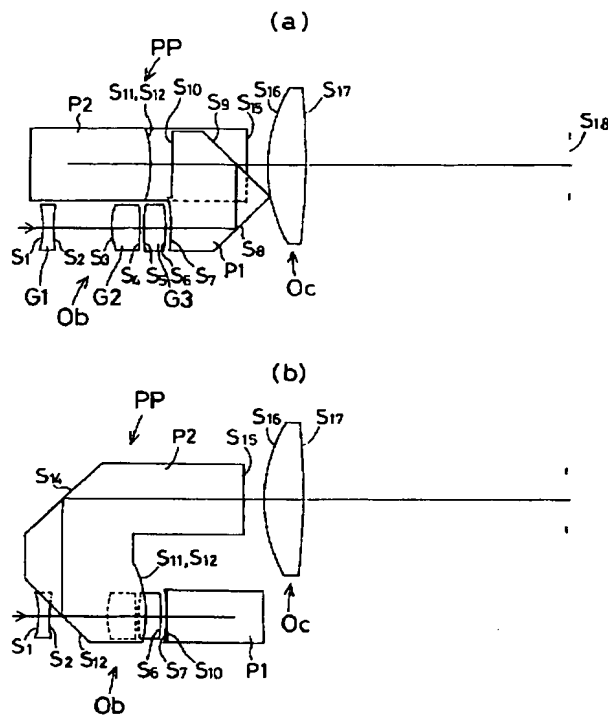
【図 4】



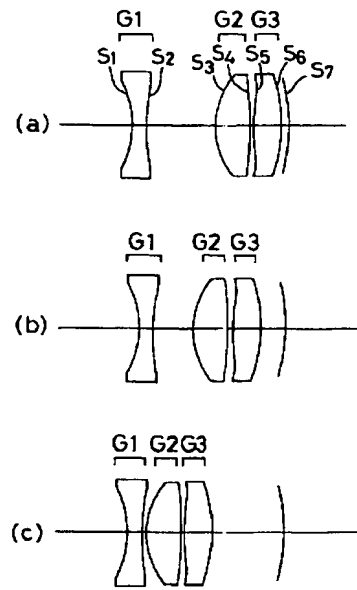
【図 3】



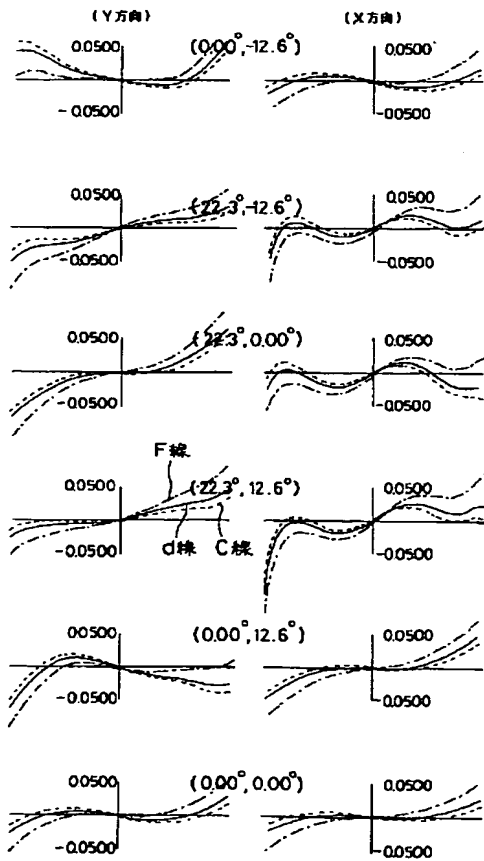
【図 5】



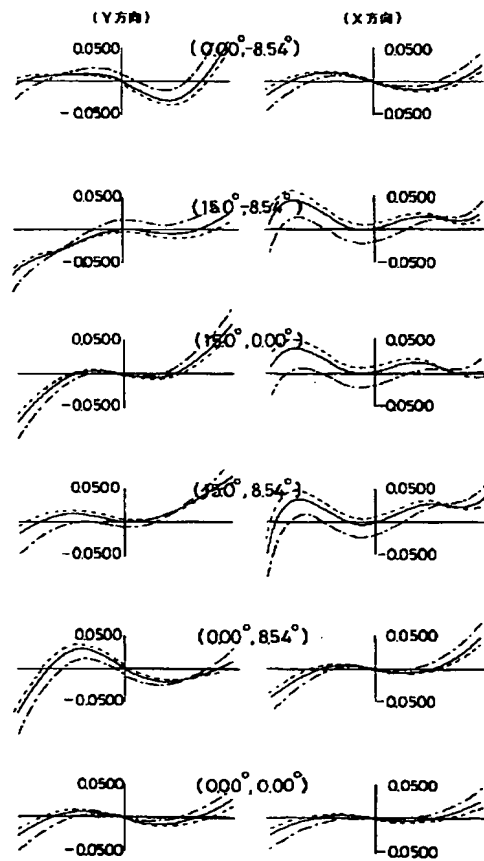
【図 6】



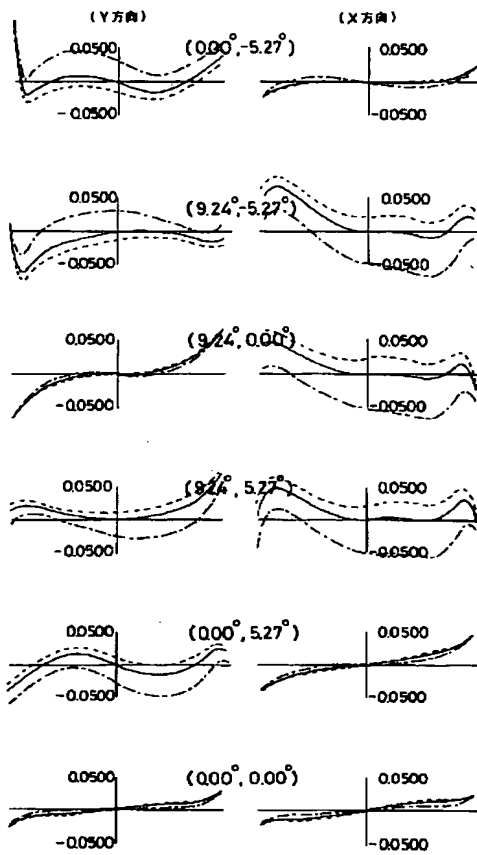
【図 7】



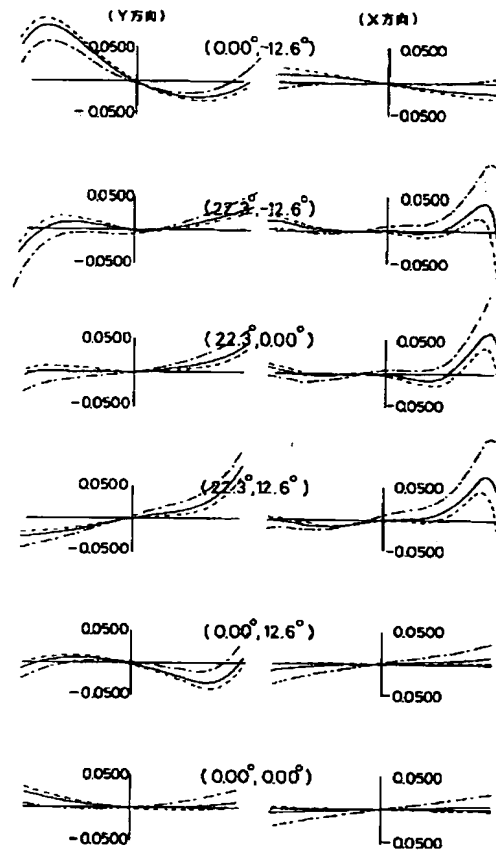
【図 8】



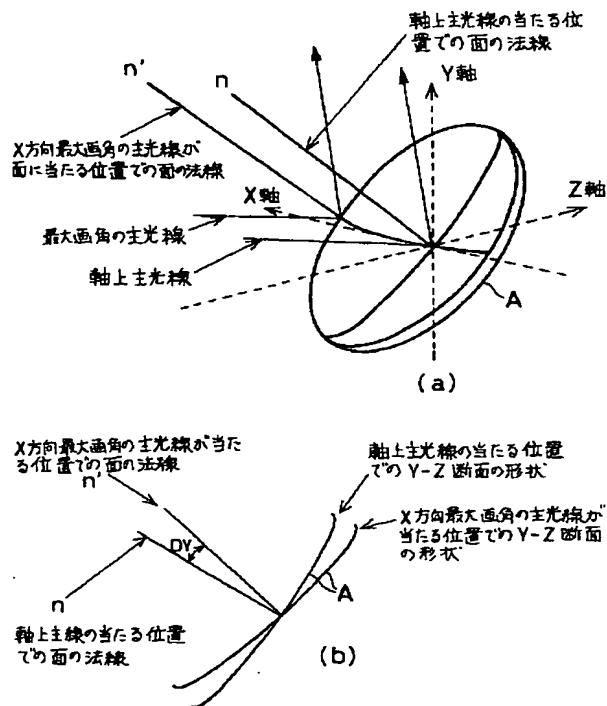
【図 9】



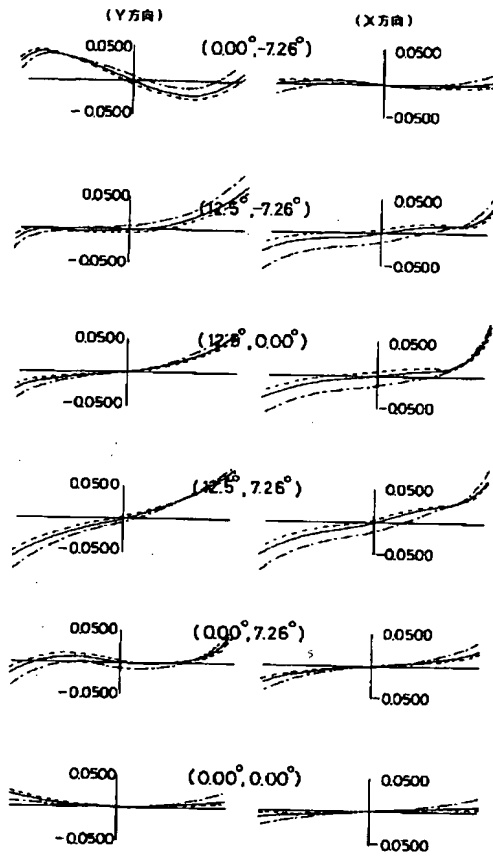
【図 10】



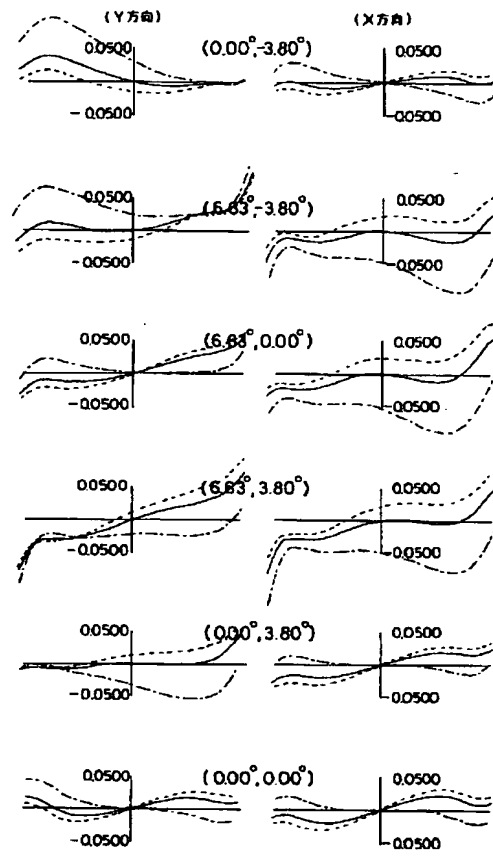
【図 19】



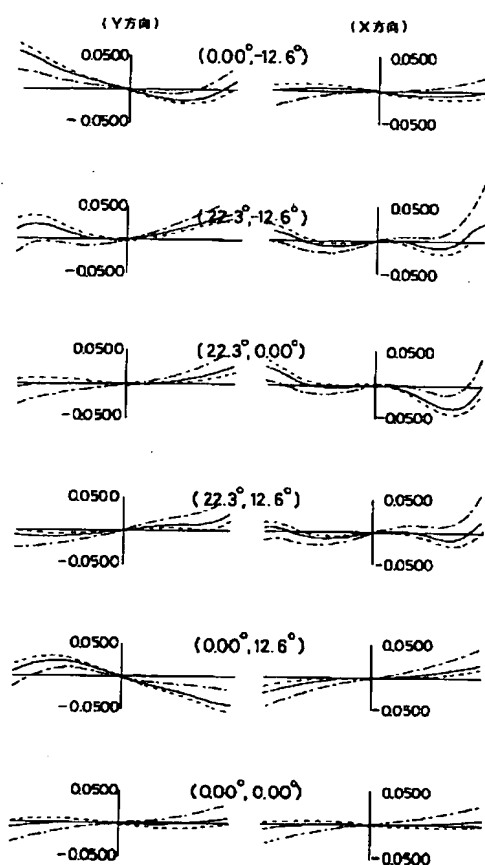
【図 1 1】



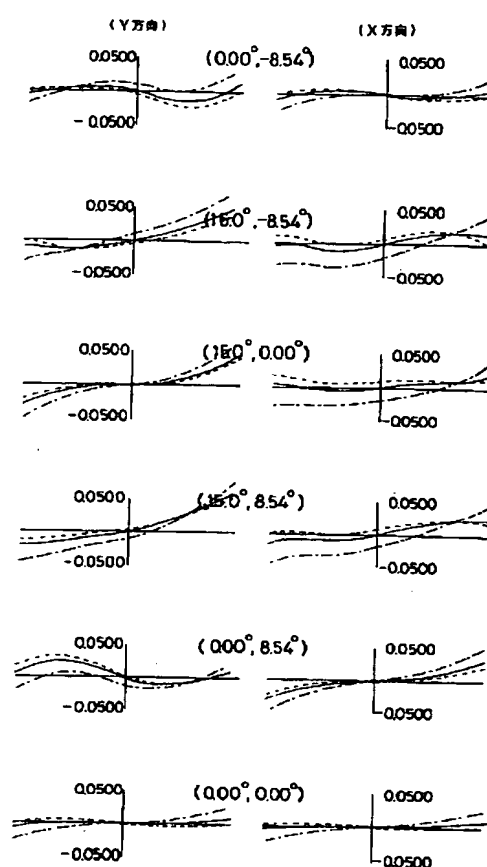
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】

